

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-397-417

Э.Г. Рябова

Московский педагогический государственный университет,
119435 г. Москва, Российская Федерация

Оценка содержания тяжелых металлов в рекреационных водных объектах (г. Дзержинский Московская агломерация) за период 2006–2020 гг.

Статья посвящена мониторингу состояния водных объектов рекреационного назначения в г. Дзержинском (Московская агломерация). Исследования водных объектов проводились в 2006, 2017 и 2020 гг. Лабораторный анализ на содержание валовых форм тяжелых металлов проводился в одной и той же лаборатории по единым методикам, что позволяет провести сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в данных водных объектах за период с 2006 по 2020 гг. В 2020 г. наблюдается снижение концентраций таких тяжелых металлов, как Pb, Cd, Fe и Mn, по сравнению с 2006 г. Так, содержание кадмия в 2020 г. составляло 0,006–0,017 мг/л по сравнению с данными 2006 г., когда концентрация составляла 0,022–0,028 мг/л. Содержание железа и марганца также снизилось в 2020 г. по сравнению с 2006 г. Так, содержание железа колебалось 0,5–1,2 ПДК в 2020 г. (по сравнению с 0,9–2,6 ПДК в 2017 г. и 0,4–2,4 ПДК в 2006 г.). Содержание марганца в водоемах варьировалось 0,3–2,4 ПДК, тогда как в 2017 и 2006 гг. значения были 0,7–3,6 ПДК и 4,6–21,7 ПДК соответственно. По свинцу, за исключением одной точки, наблюдается снижение концентраций

© Рябова Э.Г., 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

в 2020 г. в 3–4 раза по сравнению с 2006 г. В целом, в 2020 г. наблюдается тенденция на снижение концентраций тяжелых металлов в водных объектах г. Дзержинский, что предположительно связано с действовавшими в городе ограничениями в связи с COVID-19. Однако, несмотря на тенденцию к улучшению, все городские водные объекты по-прежнему испытывают существенное антропогенное воздействие и в значительной мере загрязнены тяжелыми металлами.

Ключевые слова: мониторинг поверхностных водных объектов, содержание тяжелых металлов в водоемах, рекреационные зоны, динамика загрязнения водоемов г. Дзержинского по тяжелым металлам, Московская область, Московская агломерация

Для ЦИТИРОВАНИЯ: Рябова Э.Г. Оценка содержания тяжелых металлов в рекреационных водных объектах (г. Дзержинский Московская агломерация) за период 2006–2020 гг. // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 4. С. 397–417. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-397-417

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-397-417

E.G. Riabova

Moscow Pedagogical State University,
Moscow, 119435, Russian Federation

Assessment of the content of heavy metals in recreational water bodies in Dzerzhinsky town (Moscow agglomeration) during 2006–2020

The article is devoted to monitoring the state of recreational water bodies in Dzerzhinsky town (Moscow agglomeration). Studies of water bodies were carried out in 2006, 2017 and 2020. Laboratory analysis for the content of gross forms of heavy metals was carried out in the same laboratory using uniform methods, which allows for a comparative analysis of the content of heavy metals in these water bodies for the period from 2006 to 2020.

In 2020, there is a decrease in the concentrations of heavy metals such as Pb, Cd, Fe and Mn compared to 2006. So, the content of cadmium in 2020 was 0.006–0.017 mg/l compared with the data of 2006, when the concentration was 0.022–0.028 mg/l. The content of iron and manganese also decreased in 2020 compared to 2006. So, the iron content fluctuated between 0.5–1.2 MPC in 2020 (compared to 0.9–2.6 MPC in 2017 and 0.4–2.4 MPC in 2006). Manganese content in water bodies varied by 0.3–2.4 MPC, while in 2017 and 2006 the values were 0.7–3.6 MPC and 4.6–21.7 MPC, respectively. As to lead, with the exception of point 1 (the Moskva River behind the monastery), there is a decrease in Pb concentrations in 2020 by 3–4 times compared to 2006. In general, in 2020, there is a trend towards a decrease in HM concentrations in the water bodies of the town of Dzerzhinsky, which is presumably due to the COVID-19 restrictions. However, despite the trend towards improvement, all urban water bodies still experience significant anthropogenic impact and are heavily polluted with heavy metals.

Key words: monitoring of surface water bodies, content of heavy metals in water bodies, recreational areas, dynamics of pollution of water bodies in Dzerzhinsky for heavy metals, Moscow region, Moscow agglomeration

FOR CITATION: Riabova E.G. Assessment of the content of heavy metals in recreational water bodies in Dzerzhinsky town (Moscow agglomeration) during 2006–2020. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2022. Vol. 12. No. 4. Pp. 397–417. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-397-417

Введение

Водные объекты играют значительную роль в формировании городской среды. Исторически города строились по берегам рек и озер. Водотоки имели решающее значение в обеспечении населения питьевой водой, служили транспортными путями. В то же время реки играют значительную роль в удалении жидких и твердых отходов жизнедеятельности человека, промышленных стоков, что приводит к значительному загрязнению и ухудшению качества воды [Экология города..., 2004, с. 81]. Известно немало примеров, когда именно загрязненные водные объекты становились источниками вспышек различного рода инфекционных заболеваний.

Городские водные объекты можно подразделить на поверхностные водные объекты (водотоки, водоемы, моря) и подземные воды. В свою очередь, водотоки подразделяются на реки, каналы и ручьи; а водоемы – на озера, водохранилища и пруды [Там же, с. 80–81].

В настоящее время проблема загрязнения водных объектов и ухудшения качества воды является глобальной, что подтверждается существованием отдельной цели устойчивого развития – ЦУР 6 «Чистая вода и санитария»¹. Главными источниками загрязнения остаются бытовые и промышленные сточные воды, а также стоки с сельскохозяйственных угодий. Среди основных загрязняющих веществ можно отметить органические вещества, нитриты, нитраты, ион аммония, фосфаты, тяжелые металлы. Повсеместно распространено микробиологическое загрязнение водных объектов.

В России на протяжении десятилетий наиболее распространенными загрязняющими веществами также являются органические вещества (по БПК₅ и ХПК), соединения меди, железа, цинка, фенолы и нефтепродукты. Согласно данным Ежегодника «Качество поверхностных вод Российской Федерации», наиболее высокий уровень загрязнения воды водных объектов в 2020 г. по тяжелым металлам отмечен для соединений меди, цинка, никеля, марганца (10–100 ПДК); по соединениям кадмия в 2019 г. превышение составляло 10–30 ПДК, а по соединениям мышьяка и молибдена – до 10 ПДК [Росгидромет, 2020, с. 17]. Все перечисленные выше проблемы характерны и для Центрального федерального округа, включая Московскую область. По данным Росгидромета, 68,3% всех исследованных створов на территории Московской области характеризовалось 4 классом качества воды («грязная» или «очень грязная») и еще 10% – 5 классом качества – «экстремально грязная» вода [Росгидромет, 2021, с. 53–56].

Приоритетное значение с позиций санитарной токсикологии среди этой группы имеют свинец, ртуть, кадмий и мышьяк как вещества, обладающие высокой токсичностью, способностью накапливаться в организме и обуславливать отдаленные последствия – мутагенные и канцерогенные (для мышьяка и свинца) [Будников, 1998, с. 23].

Влияние исследуемых в данной работе тяжелых металлов на здоровье человека представлено в табл. 1.

Ежегодно проводимые исследования отмечают наличие тяжелых металлов в воде и донных отложениях в водных объектах по всему миру, однако в большинстве своем их опасные концентрации фиксируются в водоемах развивающихся стран, в первую очередь государств Юго-Восточной Азии [Ding, 2019, p. 2–4], Бразилии и др. [Prestes et al., 2006, p. 56]. В европейском регионе содержание тяжелых металлов

¹ ООН. Цели в области устойчивого развития. Цель 6: Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/water-and-sanitation/> (дата обращения: 1.05.2022).

Влияние повышенных концентраций тяжелых металлов на организм человека
[The impact of elevated concentrations of heavy metals on the human body]

Тяжелые металлы [Heavy metals]	Органы, в которых депонируются [Organs where they are deposited]	Влияние повышенных концентраций на организм человека [The effect of elevated concentrations on the human body]
Cd	Преимущественно почки и костная ткань; реже – печень [Mainly kidneys and bone tissue; less often – the liver]	Повреждение костной ткани, остеомаляция, болезнь «итай-итай»; разрушение эритроцитов, анемия; эмбриотоксическое действие; мутагенное и канцерогенное действие; заболевания почек, почечная недостаточность; цирроз печени [Damage to bone tissue, osteomalacia, itai-itai disease; destruction of red blood cells, anemia; embryotoxic effect; mutagenic and carcinogenic effects; kidney disease, kidney failure; cirrhosis]
Pb	Преимущественно костная ткань (до 90% всего поступающего свинца); в меньшей степени (10%) – сердце, почки, печень и головной мозг [Predominantly bone tissue (up to 90% of all incoming lead); to a lesser extent (10%) – heart, kidneys, liver and brain]	Снижение резистентности иммунного статуса; поражение центральной нервной системы; поражение печени, почек и половых желёз; воспаление кишечника (свинцовая колика); хромосомные aberrации, эмбриотоксическое действие; поражение органов кровообращения [Decrease in the resistance of the immune status; damage of the central nervous system; damage to the liver, kidneys and genital glands; inflammation of the intestines (lead colic); chromosomal aberrations, embryotoxic effect; damage to the circulatory system]
Zn	Практически не накапливается в организме; незначительно – в поджелудочной железе и костной ткани [Practical does not accumulate in the body; slightly – in the pancreas and bone tissue]	Уменьшение содержания кальция в костях, нарушение кальциево-фосфорного обмена, остеопороз; поражение дыхательной системы (цинковая лихорадка); поражение сердечно-сосудистой системы, ишемическая болезнь сердца; канцерогенный и мутагенный эффект [Decreased calcium content in the bones, impaired calcium-phosphorus metabolism, osteoporosis; damage to the respiratory system (zinc fever); damage to the cardiovascular system, coronary heart disease; carcinogenic and mutagenic effect]

Окончание табл. 1

Тяжелые металлы [Heavy metals]	Органы, в которых депонируются [Organs where they are deposited]	Влияние повышенных концентраций на организм человека [The effect of elevated concentrations on the human body]
Cu	В основном печень, головной мозг и кровь [Литвинова и др., 2019] [Mainly liver, brain and blood]	Поражение печени и почек; поражение центральной нервной системы; болезни кроветворной системы, гемолиз эритроцитов; аутоиммунные реакции и нарушение метаболизма моноаминов [Damage to the liver and kidneys; damage of the central nervous system; diseases of the hematopoietic system, hemolysis of erythrocytes; autoimmune reactions and impaired metabolism of monoamines]
Sr	Преимущественно костная ткань [Mainly bone tissue]	Поражение костной ткани при замещении кальция на стронций («стронциевый рахит», или «уровская болезнь»), преимущественно у детей [Литвинова и др., 2019; Дианова, 2019]; лейкемия и рак костей (при воздействии радиоактивных изотопов стронция) [Damage to bone tissue when Ca is replaced by strontium (Kashin–Beck disease), mainly in children; leukemia and bone cancer (when exposed to radioactive isotopes of strontium)]
Fe	Преимущественно гемоглобин эритроцитов (до 75%), миоциты; оставшиеся 25% – печень, селезенка и костный мозг [Predominantly erythrocyte hemoglobin (up to 75%), myocytes; the remaining 25% is the liver, spleen and bone marrow]	Гемохроматоз (при генетической предрасположенности), провоцирующий развитие цирроза печени, сахарного диабета, артритов, атеросклероза и кардиомиопатий [Hemochromatosis (with a genetic predisposition), provoking the development of liver cirrhosis, diabetes mellitus, arthritis, atherosclerosis, and cardiomyopathies]
Mn	Кости (до 43%), гипофиз и печень [Дианова, 2019] [Bones (up to 43%), pituitary and liver]	Поражение центральной нервной системы; «марганцевая пневмония»; гонадотоксическое воздействие, приводящее к нарушениям в половой сфере вплоть до бесплодия; рак пищевода и желудка [Damage of the central nervous system; “manganese pneumonia”; gonadotoxic effect, leading to damage in the reproductive system up to infertility; cancer of the esophagus and stomach]

в водных объектах отмечается в основном для стран Центральной и Восточной Европы [Barańkiewicz et al., 2014, p. 67–92], однако есть проблемы и в Западной Европе [Tatsi, Turner, 2014, p. 142–145].

В рамках данной статьи будет рассмотрено загрязнение тяжелыми металлами поверхностных водных объектов г. Дзержинского (Московская агломерация), в динамике с 2006 по 2020 гг. (по данным исследований, проведенных в 2006, 2017 и 2020 гг.).

Дзержинский является средним городом с населением свыше 56,4 тыс. человек (на 2020 г.), расположенным к юго-востоку от района Капотня Москвы. Условной границей между двумя городами является Московская кольцевая автодорога (МКАД). Помимо Москвы, г. Дзержинский граничит с такими городами Московской области, как Люберцы, Лыткарино и Котельники, которые также оказывают влияние на экологическую обстановку города [Оценка экологического состояния..., 2008, с. 11].

Стационарными источниками негативного воздействия на окружающую среду являются промышленные предприятия: ТЭЦ-22 и ее зооотвалы, Московский нефтеперерабатывающий завод (МНПЗ) (р-н Капотня Москвы) и головное предприятие оборонно-промышленного комплекса «ФЦДТ “Союз”». Однако в последнее время для г. Дзержинского характерно преобладающее влияние передвижных источников загрязнения (автотранспорта) над стационарными. Здесь также следует отметить, что город с одной из сторон ограничен МКАД, а внутри расположено несколько крупных дорог, характеризующихся большим количеством автомобилей и постоянными «пробками» в «часы пик». По данным Росгидромета и Информационного выпуска «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2020 году»², в атмосферном воздухе г. Дзержинского регулярно отмечается превышение предельно допустимых концентраций по NO₂ (среднегодовые концентрации 1,4 ПДК); в зимний период времени – по бенз(а)пирену (до 2,1 ПДК). С ростом автотранспорта в воздухе увеличивается концентрация CO.

Водоемы г. Дзержинского являются основными рекреационными зонами как для самих жителей города, так и для приезжающих отдыхающих. Часть водоемов предназначена только для визуальной рекреации, однако в Малом и Большом карьерах до недавнего времени было разрешено купание. Также на их акватории проводятся занятия различными видами водного спорта.

² Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2020 году», Красногорск, 2021. С. 55. URL: <https://mep.mosreg.ru/download/document/10132535>

Единственным водным объектом, на котором ведется постоянный мониторинг, является р. Москва. Ближайшие к г. Дзержинскому точки наблюдения – створы ниже Курьяновских очистных сооружений (КОС) и в районе Бесединского моста. Отметим, что в данных створах отмечаются наибольшие концентрации таких загрязняющих веществ, как ионы аммония, формальдегид, ХПК и др. – по сравнению с другими створами на р. Москве, хотя в последние годы качество воды в реке имеет тенденцию к улучшению.

В отношении содержания тяжелых металлов в р. Москве возможно несколько источников загрязнения. Это неполностью очищенные стоки КОС, сброс сточных вод от предприятий на территории города, перенос тяжелых металлов с воздушным потоком, в т.ч. с выбросами от автотранспорта и с частицами пыли. Кроме того, ряд исследователей отмечает возможность вторичного загрязнения воды в р. Москве от донных отложений, что связано как с низкой способностью реки к самоочищению, так и с высокими концентрациями тяжелых металлов, накопленных за предыдущие десятилетия интенсивного загрязнения р. Москвы [Многолетняя динамика..., 2016, с. 114]. Отметим, что в исследованиях 2017 г. помимо проб воды были также проанализированы донные отложения, в которых выявлены высокие концентрации тяжелых металлов, что вполне согласуется с вышеозвученной теорией [Riabova, 2019, p. 39].

Однако, поскольку и часть прибрежной зоны р. Москвы, и водоемы города, представленные прудами и карьерами, являются рекреационными зонами, необходимо учитывать, что массовое, зачастую неорганизованное, рекреационное использование городских водных объектов формирует ряд эколого-гигиенических проблем, поскольку водные объекты, с одной стороны, должны быть благоприятны и безопасны для рекреации, а с другой – испытывают значительную антропогенную нагрузку от рекреационной деятельности, негативно влияющую как на качество воды в этих водных объектах, так и на их береговые комплексы [Лазичкая, 2014, с. 21]. Поэтому регулярная оценка состояния водных объектов, включая объекты рекреационного назначения, является одной из ключевых задач городского водопользования.

Мониторинг состояния водных объектов г. Дзержинского проводился в филиале «Угреша» Государственного университета «Дубна» в 2006, 2017 и 2020 гг. [Оценка экологического состояния..., 2008, с. 50; Riabova, 2019, p. 38–39].

Целью данной работы является изучение динамики загрязнения водоемов города Дзержинский тяжелыми металлами за период с 2006 по 2020 г.

Для достижения данной цели были поставлены и выполнены следующие задачи:

- проведение отбора проб воды из поверхностных водных объектов г. Дзержинского с последующим анализом на содержание тяжелых металлов;
- сопоставление полученных результатов с данными исследований, проведенных в 2006 и 2017 гг.

Объекты и методы исследований

Отбор и анализ проб воды осуществлялся в течение третьей недели сентября 2020 г. на основных поверхностных водных объектах города: р. Москва (Т1 и Т7), Верхний пруд в сквере Победы (Т2), Малый (Т3, Т4) и Большой (Т5, Т6) карьеры. Аналогично в осенний период (конец сентября – начало октября) проводился отбор проб в 2017 г. Ввиду сложившейся ситуации с COVID-19 доступ к пруду на территории Николо-Угрешского монастыря был запрещен, поэтому на данном водном объекте в 2020 г. исследования не проводились. Также из исследования в 2020 г. был исключен технический водоем на ул. Лесная, который оказался полностью засыпан в ходе строительства на территории промзоны (рис. 1).

Всего в 2020 г. была отобрана 21 проба воды по 0,5 л в пластиковые одноразовые емкости, что соответствует действующим требованиям к отбору проб³. Пробы отбирались с берега, на глубину порядка 20 см.

Согласно архивным данным с наземных метеорологических станций (<https://gp5.ru/>), погодные условия во время отбора проб в 2020 г. характеризовались малой облачностью, отсутствием осадков и незначительной скоростью ветра, с частыми штилями, что препятствовало рассеиванию примесей загрязняющих веществ в воздухе города. В 2017 г. пасмурная погода отмечалась только в последние дни сентября, но осадки отсутствовали. Скорость ветра составила 1–3 м/с, отдельные дни были штилевыми.

Сравнение полученных в 2017 и 2020 гг. результатов с 2006 г. проводилось по литературным данным [Оценка экологического состояния..., 2008, с. 48–50].

Исследование содержания тяжелых металлов в воде проводилось в лаборатории филиала «Угреша» Государственного университета «Дубна» на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6200 (Япония) на содержание следующих тяжелых металлов:

³ ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Межгосударственный стандарт. С. 3–6.

цинк, стронций, кадмий, медь, свинец, железо и марганец. Пробы воды подготавливались по методике определения массовой концентрации тяжелых металлов в воде, аналогично предыдущим исследованиям [Riabova, 2019, p. 37]. Для этого 100 мл анализируемой воды отбирались в стакан на 250 мл и обрабатывались концентрированной азотной кислотой (HNO_3) до pH, равного 1–2. После этого подготовленная проба помещалась в колбу на 50 мл и анализировалась на атомно-абсорбционном спектрофотометре на соответствующие тяжелые металлы.



Рис. 1. Исследуемые водные объекты (2006–2020 гг.) в г. Дзержинском (Московская агломерация)

Fig. 1. Researched water bodies in Dzerzhinsky town (Moscow agglomeration) in 2006–2020

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы Microsoft Excel. Рассчитывались осредненные концентрации тяжелых металлов для каждого водного объекта и стандартное отклонение. Доверительная вероятность составила 0,95 ($P = 0,95$).

Результаты исследований

Полученные результаты представлены в табл. 2.

**Осредненные концентрации тяжелых металлов (мг/л) в водных объектах
г. Дзержинского (Московская агломерация) в 2020 г.
[Average concentrations of heavy metals (mg/l) in water bodies
in Dzerzhinsky town (Moscow agglomeration) in 2020]**

Водный объект [Water body]	Тяжелые металлы [Heavy metals]						
	Zn	Pb	Cu	Sr	Fe	Mn	Cd
Москва-река за монастырем (Т1) [Moscow River behind the monastery (T1)]	0,045 ± 0,0054	0,064 ± 0,0046	0,064 ± 0,0071	2,53 ± 0,34	0,356 ± 0,074	0,103 ± 0,01	0,011 ± 0,001
Верхний пруд (Т2) [Verkhnyi prud (T2)]	0,055 ± 0,0034	0,031 ± 0,0026	0,068 ± 0,0062	2,03 ± 0,20	0,234 ± 0,011	0,232 ± 0,016	0,017 ± 0,002
Малый карьер (Т3, Т4) [Malyi kar'er]	0,089 ± 0,009	0,011 ± 0,0015	0,089 ± 0,008	2,53 ± 0,22	0,143 ± 0,029	0,030 ± 0,009	0,013 ± 0,0014
Большой карьер (Т5, Т6) [Bolshoi kar'er]	0,023 ± 0,0054	0,035 ± 0,0046	0,085 ± 0,0067	2,71 ± 0,32	0,238 ± 0,105	0,075 ± 0,007	0,006 ± 0,0013
Москва-река возле сброса ТЭЦ-22 (Т7) [Moskva River near TPS-22 discharge]	0,032 ± 0,0037	0,03 ± 0,0022	0,110 ± 0,0094	1,34 ± 0,13	0,228 ± 0,083	0,037 ± 0,01	0,015 ± 0,002

Напомним, что тяжелые металлы способны накапливаться в организме человека, оказывая значительное негативное воздействие на состояние здоровья индивида или целых групп населения. Необходимо отметить, что поступление тяжелых металлов в организм человека с водой возможно только при непосредственном употреблении, т.е. в случае использования загрязненной воды для питьевых целей. Вместе с тем содержание тяжелых металлов в водах рекреационного назначения может являться косвенным свидетельством высокой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, что потенциально способно оказывать серьезное негативное воздействие на здоровья населения.

При этом не все тяжелые металлы обладают одинаковой степенью токсичности. Наибольшую опасность представляют собой ионы свинца и кадмия, ПДК которых составляют 0,01 мг/л (Pb) и 0,001 мг/л (Cd), соответственно.

Общеизвестно, что основным источником свинцового загрязнения в городах является автотранспорт. Наибольшие концентрации свинца отмечаются в р. Москве в зоне за Николо-Угрешским монастырем, что может быть связано с несколькими факторами, в том числе загрязнение от строительной техники, поскольку неподалеку от точки отбора проб идет интенсивное строительство, в т.ч. дорожное. Также источником некоторого загрязнения могут быть расположенные выше по склону гаражи и использование песчаного пляжа неподалеку от точки отбора проб для мытья машин местным населением. Разумеется, все вышеперечисленные факты нуждаются в проведении дополнительных исследований. Кроме того, источником загрязнения по-прежнему могут быть отработанные воды с ТЭЦ-22 (точка 7), а также МКАД. Кроме того, обе точки отбора проб воды в р. Москве расположены ниже по течению от Курьяновских сооружений г. Москвы, которые также вносят свой вклад в загрязнение воды.

Следует отметить, что Верхний пруд является искусственно созданным водоемом, расположенным в сквере Победы возле пл. Святителя Николая и шоссе ул. Академика Жукова. На пл. Святителя Николая располагаются остановки и места для разворота автотранспорта, что также может являться источником загрязнения для Верхнего пруда. Аналогичное влияние транспортных средств отмечается и для Большого карьера, куда местные жители и жители соседних городов приезжают на летний отдых на личных автомобилях.

Наибольшие концентрации кадмия характерны для р. Москвы возле сброса вод с ТЭЦ-22. Присутствие высоких концентраций кадмия в Верхнем пруду может быть вызвано осаждением данного тяжелого

металла из атмосферы с воздушным переносом со стороны ТЭЦ-22 и ее золоотвалов. В ранних исследованиях [Оценка экологического состояния..., 2008, с. 39] отмечается, что выбросы ТЭЦ-22 при сжигании твердого и жидкого топлива и вынос пыли с территории золоотвала являются непосредственным источником загрязнения территории Дзержинского такими тяжелыми металлами, как кадмий, стронций, цинк и медь.

Помимо ТЭЦ-22 и автотранспорта, возможно также негативное влияние на окружающую среду со стороны строительных предприятий города, включая работу строительной техники, деятельности военного предприятия «ФЦДТ «Союз»». Кроме того, остается открытым вопрос о влиянии на состояние р. Москвы агрофирмы «Нива» (расположена в районе бывшей дер. Алексеевка, неподалеку от точки 7) из-за смыва с дождевыми и тальми водами удобрений, главным образом, фосфатных, которые потенциально могут содержать в себе ряд тяжелых металлов. Как отмечает Е.П. Янин, исследование фосфатного сырья, идущего на производство фосфатных удобрение, показало значительное содержание таких тяжелых металлов, как хром, цинк и кадмий. В меньших количествах, но также присутствуют медь и свинец [Янин, 2004, с. 5]. Более детально ситуация с кадмием и некоторыми другими тяжелыми металлами будет рассмотрена нами далее.

Обсуждение

Полученные в 2020 г. данные были сравнены с данными загрязнения водоемов тяжелыми металлами за 2006 и 2017 гг. и с предельно-допустимыми концентрациями для водоемов культурно-бытового назначения, действовавшими до марта 2021 г.⁴ Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 3 (в мг/л) и на рис. 2 (в ед. ПДК).

В 2020 г. увеличение концентрации свинца наблюдалось только в р. Москве за монастырем (Т1), где концентрация достигла 6,4 ПДК (см. рис. 2), что, вероятно, связано с использованием данной территории для мытья машин местного населения. В остальных точках концентрации свинца находились на уровне 1,1–3,5 ПДК, что сопоставимо с показателями 2017 г. (1,7–3,3 ПДК для тех же водных объектов), однако существенно ниже значений 2006 г. (1,2–14,2 ПДК). Таким образом, за исключением точки 1, наблюдается снижение концентраций свинца в водных объектах г. Дзержинского в 2020 г. в 3–4 раза по сравнению с 2006 г.

⁴ Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315–03.

**Динамика осредненных концентраций тяжелых металлов (мг/л)
[Dynamics of average concentrations of heavy metals in water]**

Водный объект [Water body]	Zn			Pb			Cu		
	2006	2017	2020	2006	2017	2020	2006	2017	2020
Москва-река за монастырем [Moscow River behind the monastery (T1)]	0,10	0,05	0,045	0,022	0,020	0,064	0,077	0,068	0,064
Монастырский пруд [Monastery pond]	0,12	0,09	–	0,090	0,028	–	0,061	0,078	–
Верхний пруд [Verkhnyy prud]	0,09	0,01	0,054	0,021	0,017	0,031	0,055	0,034	0,067
Малый карьер [Malyi kar'er]	0,08	0,12	0,09	0,012	0,031	0,011	0,074	0,049	0,086
Большой карьер [Bolshoi kar'er]	0,085	0,04	0,021	0,142	0,033	0,035	0,082	0,427	0,087
Москва-река возле сброса ТЭЦ-22 [Moskva River near TPS-22 discharge]	0,09	0,25	0,032	0,057	0,021	0,030	0,077	0,082	0,109
Технический водоем на ул. Лесная [Technical reservoir in Lesnaya street]	–	1,00	–	–	0,049	–	–	0,058	–
ПДК [Maximum Permissible Concentration]	1,0			0,01			1,0		

Примечания. Исследования в пруду на территории Николо-Угрешского монастыря (Монастырский пруд) проводились в 2006 и 2017 г., в техническом водоеме на ул. Лесная – только в 2017 г. ПДК приведены по: Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315–03.

Таблица 3

**в водоемах г. Дзержинского (Московская обл.) за 2006, 2017 и 2020 гг.
bodies in Dzerzhinsky town during 2006, 2017, 2020]**

Sr			Fe			Mn			Cd		
2006	2017	2020	2006	2017	2020	2006	2017	2020	2006	2017	2020
2,37	5,17	2,55	0,156	0,777	0,357	0,463	0,258	0,101	0,023	0,030	0,011
2,49	2,76	–	0,715	0,633	–	0,848	0,318	–	0,022	0,035	–
3,71	3,12	2,03	0,387	0,611	0,233	0,695	0,364	0,239	0,025	0,028	0,017
1,32	5,95	2,57	0,12	0,259	0,146	0,592	0,068	0,031	0,024	0,028	0,013
4,09	6,02	2,64	0,268	0,270	0,234	2,172	0,273	0,070	0,022	0,017	0,006
1,50	5,17	1,34	0,137	0,734	0,227	0,763	0,246	0,034	0,028	0,035	0,015
–	4,61	–	–	0,683	–	–	0,122	–	–	0,037	–
7,0			0,3			0,1			0,001		

[Notes. Research in the pond at the territory of the Ugreshsky Monastery of St. Nicholas (the Monastery Pond) was carried out in 2006 and 2017, and in the pond from industrial area in Lesnaya St. – only in 2017.]

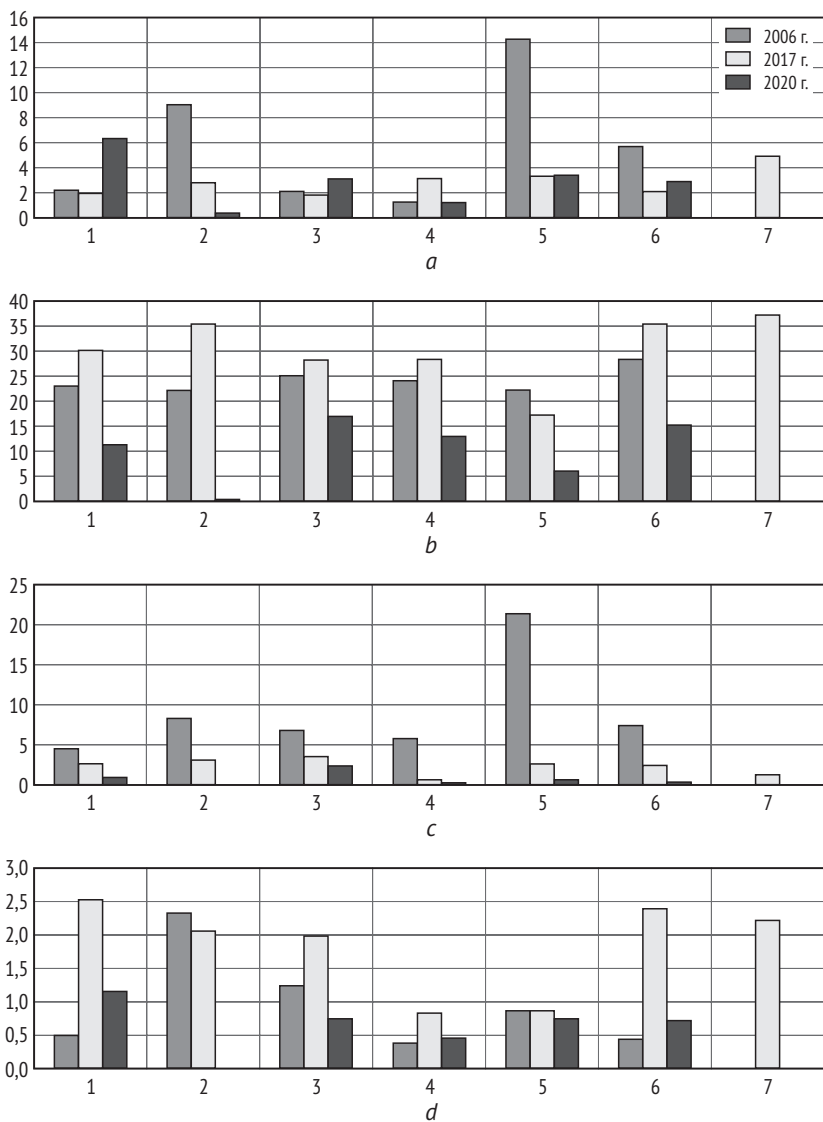


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов, превышающих ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, в водоемах г. Дзержинского (Московская область) в 2006, 2017 и 2020 гг.:

a – свинец; *b* – кадмий; *c* – марганец; *d* – железо

Содержание кадмия в водных объектах г. Дзержинского снизилось более чем в два раза по сравнению с показателями предыдущих исследований, однако все еще остается чрезвычайно высоким: 6,0–17,0 ПДК. Для сравнения: в 2017 г. уровень загрязнения кадмием колебался от 16,8 до 36,8 ПДК, а в 2006 г. – порядка 22,0–28,0 ПДК.

Вопрос о загрязнении водных объектов кадмием в настоящее время по-прежнему остается открытым, поскольку здесь одновременного могут участвовать несколько разнородных источников. Так, по данным, представленным в работе А.Г. Уварова, содержание Cd в водах р. Москвы может быть обусловлено сбросом сточных вод. В черте г. Москвы ниже сбросов очистных сооружений (р-н Братеево) содержание кадмия в 2012 г. фиксировалось на уровне 122 ПДК для химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Уваров, 2015, с. 51].

Помимо прямого загрязнения воды вследствие работы очистных сооружений, антропогенное загрязнение водных объектов кадмием может производиться и опосредованно, за счет выбросов ТЭЦ-22, о чем речь шла ранее. Согласно исследованию М.В. Прилепы, антропогенный вклад в концентрацию кадмия в атмосфере составляет порядка 50%, в том числе за счет сжигания жидкого и твердого топлива, при этом основная часть кадмия (до 67% от общего количества) в приземном слое атмосферного воздуха находится в водорастворимой форме [Прилепа, 2007, с. 8–9]. Однако для уточнения источников загрязнения водных объектов кадмием требуется проведение дополнительных исследований.

Условные обозначения: 1 – Москва-река за монастырем; 2 – Монастырский пруд; 3 – Верхний пруд; 4 – Малый карьер; 5 – Большой карьер; 6 – Москва-река возле сброса ТЭЦ-22; 7 – технический водоем на ул. Лесная

Исследования в пруду на территории Николо-Угрешского монастыря (Монастырский пруд) проводились в 2006 и 2017 г., в техническом водоеме на ул. Лесная – только в 2017.

Fig. 2. Content of heavy metals over MPC_{an} (maximum permissible concentration to amenity needs) in water bodies in Dzerzhinsky town (Московская агломерация) in 2006, 2017, 2020:

a – Pb; *b* – Cd; *c* – Mn; *d* – Fe

Legend: 1 – Moscow River behind the monastery; 2 – Monastery pond; 3 – Verkhnyi prud; 4 – Malyi kar'er; 5 – Bolshoi kar'er; Moskva River near TPS-22 discharge; 5 – technical reservoir in Lesnaya street

Research in the pond at the territory of the Ugreshsky Monastery of St. Nicholas (the Monastery Pond) was carried out in 2006 and 2017, and in the pond from industrial area in Lesnaya St. – only in 2017

Как видно из представленных данных, в 2020 г. также отмечается снижение содержания железа и марганца по сравнению с 2017 и 2006 гг. Так, содержание железа колебалось 0,5–1,2 ПДК в 2020 г. (по сравнению с 0,9–2,6 ПДК в 2017 г. и 0,4–2,4 ПДК в 2006 г.). Содержание марганца в водоемах варьировалось 0,3–2,4 ПДК, тогда как в 2017 и 2006 гг. значения были 0,7–3,6 ПДК и 4,6–21,7 ПДК, соответственно.

По таким тяжелым металлам, как цинк, медь и стронций, превышений ПДК за весь период наблюдений зафиксировано не было.

Заключение

В данной работе была проведен отбор проб и лабораторный анализ поверхностных водоемов и водотоков г. Дзержинского. В результате исследования было установлено, что все городские водные объекты испытывают существенное антропогенное воздействие и в значительной мере загрязнены тяжелыми металлами. Превышение допустимых концентраций для вод культурно-бытового назначения наблюдается по марганцу и железу – в пределах 0,3–2,4 ПДК. Для свинца среднее значение составило 3,4 ПДК, максимальное – 6,4 ПДК (в р. Москве в черте г. Дзержинского). Наибольший уровень загрязнения на протяжении всего периода отмечается по кадмию (6,0–17,0 ПДК), хотя в 2020 г. концентрации Cd существенно снизились по сравнению с 2006 и 2017 г.

Выводы

Снижение концентраций в 2020 г. отмечается по всем тяжелым металлам, что может быть связано с периодом самоизоляции, пришедшемся на весенне-летний период (с марта по июнь), в течение которого работа как промышленных, так и общественных предприятий была приостановлена. Также стоит отметить, что некоторое снижение концентраций загрязняющих веществ возможно после реконструкции первой и второй очереди химводоочистки на ТЭЦ-22, что позволило сократить использование реагентов и снизить негативное воздействие на окружающую среду⁵. Данный факт также стоит учитывать при учете динамики загрязнения р. Москвы в г. Дзержинском.

Тем не менее, для водных объектов г. Дзержинского по-прежнему отмечается превышение ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

⁵ Шулина В.Д. Люберецкая ТЭЦ (ТЭЦ-22 им. Н.И. Серебряникова). Музей истории Мосэнерго, 2020. URL: https://www.mosenergo-museum.ru/History_of_Mosenergo/Historical_Review/21517/ (дата обращения: 02.02.2022).

по ряду тяжелых металлов, следовательно, проведение реабилитационных мероприятий с последующим ежегодным мониторингом их состояния является насущной задачей. Необходимо проведение комплексного анализа воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям. Кроме того, требуется проведение дополнительных исследований для установления основных источников загрязнения данных водных объектов с целью последующей минимизации негативного воздействия на них.

Библиографический список / References

Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 23–29. [Budnikov G.K. Heavy metals in the environmental monitoring of water systems. *Soros Educational Journal*. 1998. No. 5. Pp. 23–29. (In Rus.)]

Дианова Д.Г. Научные основы гигиенического анализа закономерностей влияния гаптенных, поступающих с питьевой водой, на иммунную систему у детей: Дис. ... д-ра мед. наук. Пермь, 2019. [Dianova D.G. Nauchnye osnovy gigenicheskogo analiza zakonmernostey vliyaniya gaptenov, postupayushchikh s pitevoy vodoy, na immunnuyu sistemu u detey [Scientific bases of hygienic analysis of regularities of influence of haptens in drinking water onto the children's immune system]. Dr. Hab. dis. Perm, 2019.]

Лазичкая Н.Ф. Общественно-географическое обоснование развития рекреационного водопользования в г. Севастополь: Дис. ... канд. геогр. наук. Симферополь, 2014. [Lazitskaya N.F. Obshchestvenno-geograficheskoe obosnovanie razvitiya rekreatsionnogo vodopolzovaniya v g. Sevastopol [Socio-geographical substantiation of the development of recreational water use in Sevastopol]. PhD dis. Simferopol, 2014.]

Литвинова Т.Н., Выскубова Н.К., Ненашева Л.В. Химия для медиков: биогенные элементы и комплексные соединения / Под общ. ред. Т.Н. Литвиновой. 2-е изд. М., 2019. [Litvinova T.N., Vyskubova N.K., Nenasheva L.V. Khimiya dlya medikov: biogennyye elementy i kompleksnyye soedineniya [Chemistry for physicians: Biogenic elements and complex compounds]. T.N. Litvinova (ed.). Moscow, 2019.]

Многолетняя динамика процессов самоочищения как интегральный показатель для выбора управляющих воздействий (на примере реки Москвы) / Щеголькова Н.М., Веницианов Е.В., Рыбка К.Ю. и др. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 4. С. 103–116. [Shchegolkova N.M., Venitsianov E.V., Rybka K.Yu. et al. Long-term dynamics of self-purification processes as an integral indicator for the choice of control actions (on the example of the Moskva River). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2016. No. 4. Pp. 103–116. (In Rus.)]

Оценка экологического состояния города Дзержинского в 2006 году / Балоян Б.М., Чуднова Т.А., Юдина Н.В., Манаенкова Е.А.; Под ред. Б.М. Балояна.

Дзержинский, 2008. [Baloyan B.M., Chudnova T.A., Yudina N.V., Manaenkova E.A. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya goroda Dzerzhinskogo v 2006 godu [The assessment of the ecological state of the city of Dzerzhinsky in 2006]. B.M. Baloyan (ed.). Dzerzhinsky, 2008.]

Прилепа М. В. Формы нахождения кадмия в объектах окружающей среды: Дис. ... канд. хим. наук. М., 2007. [Prilepa M.V. Formy nakhozhdeniya kadmiya v obyektakh okruzhayushchey sredy [Cadmium occurrence forms in environmental objects]. PhD dis. Moscow, 2007.]

Росгидромет. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к Ежегоднику за 2019 г.) / Под ред. канд. биол. наук М.М. Трофимчука. Ростов-н/Д., 2020. [Rosgidromet. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii. Informatsiya o naibolee zagryaznennykh vodnykh obyektakh Rossiyskoy Federatsii (prilozhenie k Ezhegodniku za 2019 g.) [Roshydromet. The quality of surface waters in the Russian Federation. Information on the most polluted water bodies of the Russian Federation (Appendix to the Annual report – 2019)]. M.M. Trofimchuk (ed.). Rostov-on-Don, 2020.]

Росгидромет. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к Ежегоднику за 2020 г.) / Под ред. канд. биол. наук М.М. Трофимчука. Ростов-н/Д., 2021. [Rosgidromet. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii. Informatsiya o naibolee zagryaznennykh vodnykh obyektakh Rossiyskoy Federatsii (prilozhenie k Ezhegodniku za 2020 g.) [Roshydromet. The quality of surface waters in the Russian Federation. Information on the most polluted water bodies of the Russian Federation (Appendix to the Annual report – 2020)]. M.M. Trofimchuk (ed.). Rostov-on-Don, 2021.]

Уваров А.Г. Оценка степени загрязнения тяжелыми металлами реки Москвы и возможность использования макрофитов рода *Potamogeton* для биомониторинга тяжелых металлов в реке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 150–158. [Uvarov A.G. Assessment of the degree of heavy metal pollution of the Moscow River and the possibility of using *Potamogeton* macrophytes for biomonitoring of heavy metals in the river. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015. Vol. 17. No. 6. Pp. 150–158. (In Rus.)]

Черных Н.А., Баева Ю.И. Тяжелые металлы и здоровье человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2004. № 1 (10). С. 125–134. [Chernykh N.A., Baeva Yu.I. Heavy metals and human health. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2004. No. 1 (10). Pp. 125–134. (In Rus.)]

Экология города / Касимов Н.С., Курбатова А.С., Башкин В.Н. и др. М., 2004. [Kasimov N.S., Kurbatov A.S., Bashkin V.N. et al. *Ekologiya goroda* [Urban ecology]. Moscow, 2004.]

Янин Е.П. Источники и пути поступления тяжелых металлов в реки агроландшафтов. М., 2004. [Yanin E.P. Istochniki i puti postupleniya tyazhelykh metallov v reki agrolandshaftov [Sources and routes the entry of heavy metals into the rivers of agricultural landscapes]. Moscow, 2004.]

Barańkiewicz D., Chudzińska M., Szpakowska B. et al. Storm water contamination and its effect on the quality of urban surface waters. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2014. No. 186. Pp. 6789–6803. DOI: 10.1007/s10661-014-3889-0.

Ding Y. Heavy metal pollution and transboundary issues in ASEAN countries. *Water Policy*. 2019. No. 21 (5). Pp. 1096–1106. DOI: 10.2166/wp.2019.003.

Prestes E.C., Anjos V.E., Sodr  F., Grassi M. Copper, lead and cadmium loads and behavior in urban stormwater runoff in Curitiba, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2006. No. 17 (1). Pp. 53–60. DOI: 10.1590/S0103-50532006000100008.

Riabova E.G. Content of heavy metals in urban surface water bodies. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. No. 1. Pp. 36–40. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-1-036-040.

Tatsi K., Turner A. Distributions and concentrations of thallium in surface waters of a region impacted by historical metal mining (Cornwall, UK). *Science of the Total Environment*. 2014. No. 473–474. Pp. 139–146. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.00.

Статья поступила в редакцию 09.09.2022, принята к публикации 11.10.2022

The article was received on 09.09.2022, accepted for publication 11.10.2022

Сведения об авторе / About the author

Рябова Эльхана Геннадьевна – кандидат географических наук; доцент кафедры экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

Elkhana G. Riabova – PhD in Geography; assistant professor at the Department of Ecology and Nature Management of the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8445-9454>

E-mail: ryabova_elhana@mail.ru